

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 34 413 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**B 01 D 53/94**  
B 01 F 5/00

②1 Aktenzeichen: 199 34 413.2  
②2 Anmeldetag: 22. 7. 1999  
④3 Offenlegungstag: 25. 1. 2001

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Ganzmann, Ingo, Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 91054  
Erlangen, DE; Langer, Werner, Dipl.-Ing. (FH), 96465  
Neustadt, DE; Ritter, Hartmut, 96317 Kronach, DE;  
Zwack, Jürgen, 96145 Seßlach, DE

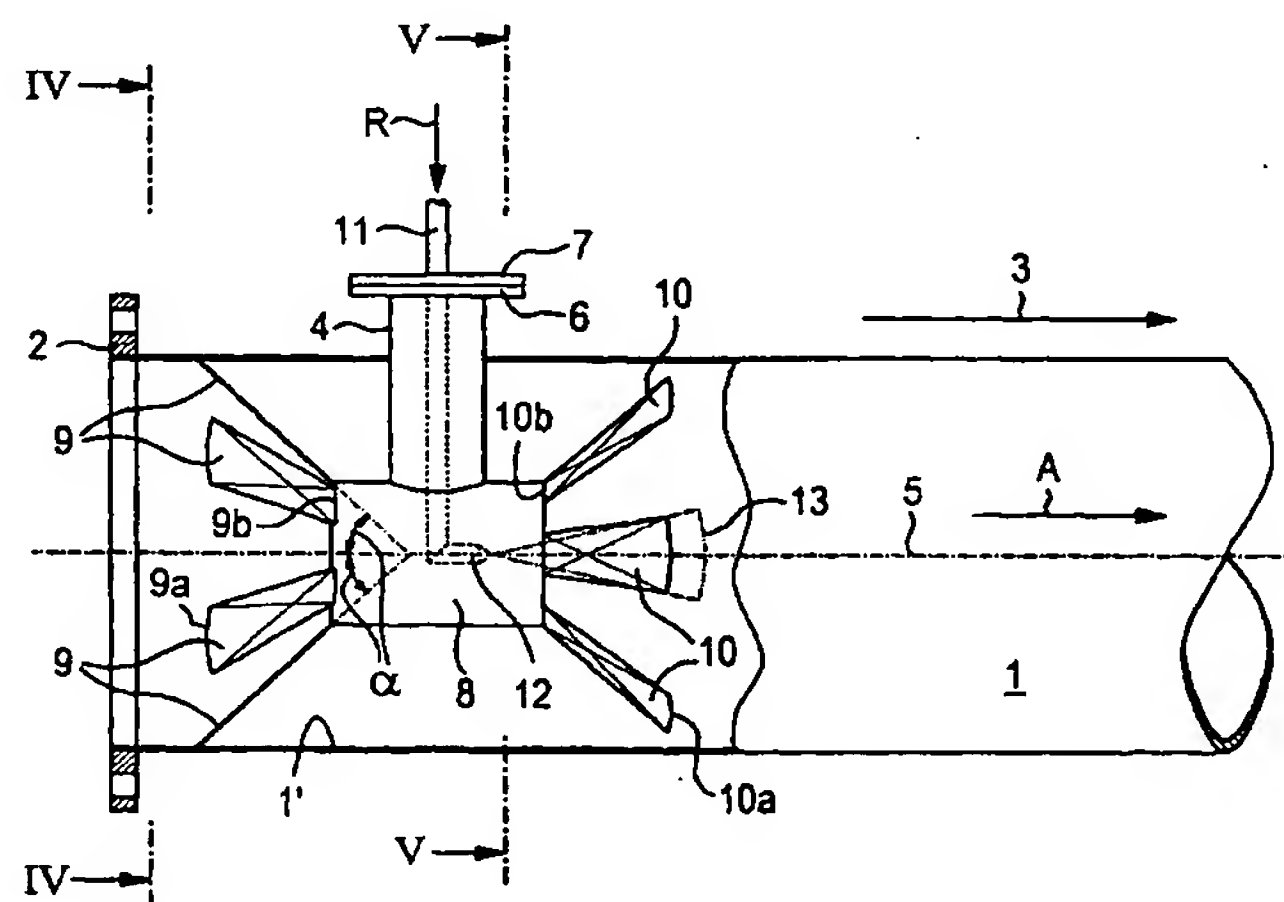
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 42 03 807 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum Einbringen eines Zuschlagstoffes in ein Abgas

⑤7 Zur chemischen Umwandlung von Bestandteilen, insbesondere Stickoxiden, im Abgas (A) von Motoren ist dem Abgas (A) häufig ein Reduktionsmittel oder ein dieses freisetzender Zuschlagstoff (R) zuzusetzen. Zur guten Durchmischung des Abgases (A) mit dem Reduktionsmittel oder Zuschlagstoff (R) auf einer kurzen Gaskanalstrecke sind mindestens ein Mischer (8, 9, 10) und mindestens eine Düse (12) zum Einbringen des Zuschlagstoffes (R) in das Abgas (A) zu einer konstruktiven und funktionellen miteinander kombiniert.



DE 199 34 413 A 1

DE 199 34 413 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einbringen eines Zuschlagstoffes in ein Abgas (Gasstrom), die in einen Gaskanal, insbesondere in eine Abgasleitung eines Dieselmotors, einbringbar ist, mit mindestens einer Düse und mit mindestens einem Mischer. Der Zuschlagstoff kann ein Reduktionsmittel oder eine dieses freisetzende Verbindung sein.

Bei der Umsetzung von fossilem oder von aus Pflanzen gewonnenem Brennstoff in mechanische und/oder thermische Energie werden hohe Wirkungsgrade angestrebt. Dabei liegen die Umsetzungstemperaturen häufig derart hoch, dass bei der Umsetzung (Verbrennung) in nennenswertem Umfang Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) gebildet werden. Dies gilt besonders für Dieselmotoren, die beispielsweise mit mineralischem Öl oder mit Rapsöl betrieben werden.

Da eine Freisetzung der Stickoxide äußerst unerwünscht und daher zu vermeiden ist, werden die Stickoxide üblicherweise katalytisch reduziert. Dies erfordert jedoch die Anwesenheit eines Reduktionsmittels im Abgas einer Energieumsetzungsanlage, beispielsweise in einem Dieselmotor. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, ein derartiges Reduktionsmittel oder einen dieses freisetzenden Zuschlagstoff als Reduktionsmittelträger, insbesondere Ammoniak bzw. (in Wasser gelösten) Harnstoff, dem Abgas erst nach dem Austritt aus der Energieumsetzungsanlage zuzumischen.

Beim Betrieb einer derartigen Vorrichtung oder einer Rauchgasreinigungseinrichtung ist es häufig problematisch, eine ausreichend gute Durchmischung des Abgases oder Gasstroms mit dem Reduktionsmittel zu erreichen. Grund hierfür ist, dass die dazu an sich erforderliche Länge des Gas- oder Abgaskanals, die in der Größenordnung von etwa dem 50-fachen des Kanaldurchmessers liegt, nicht realisierbar ist. Für vergleichsweise kleine Anlagen, wie z. B. Dieselmotoren bis zu einigen 100 kW, besteht prinzipiell die Möglichkeit, einen Reduktionsmittelträger über eine Eindüsvorrichtung, beispielsweise über eine einzelne Düse, und einen dicht hinter dem Motor liegenden Reduktionsmittelgenerator in den Abgaskanal einzuspeisen. Dies ist jedoch bei wachsender Nennleistung mit überproportional wachsenden Kosten verbunden.

Bei vergleichsweise großen Anlagen, beispielsweise bei einem Blockheizkraftwerk oder einem Schiffsantrieb, mit Abgaskanaldurchmessern über 200 mm sind daher üblicherweise mindestens zwei statische Mischer hinter einem eine komplexe Eindüsvorrichtung darstellenden Verdüsungssystem angeordnet. Dabei sind die Abstände dieses Verdüsungssystems und der Mischer voneinander jeweils mindestens gleich dem doppelten Abgaskanaldurchmesser auszuführen. Der Raum für die sich daraus ergebende Abgaskanallänge steht jedoch häufig nicht zur Verfügung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der oben genannten Art anzugeben, die den Einsatz sowohl einer Eindüsvorrichtung oder mindestens einer Düse für einen Zuschlagstoff als auch einer Anzahl von erforderlichen Mixern in einem Abgaskanal bei gleichzeitig möglichst geringer Kanallänge ermöglicht. Die Vorrichtung sollte dabei insbesondere in einen runden Gaskanal einsetzbar sein, dessen Durchmesser zwischen ca. 200 mm und ca. 1000 mm beträgt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Dazu sind der Mischer und die Düse zum Versprühen des Zuschlagstoffes oder des Reduktionsmittels selbst zu einer konstruktiven und funktionellen Baueinheit kombiniert. Diese Kombination ist in den Gaskanal einbringbar, d. h. beim bestimmungsgemäßen Betrieb dieser baulichen Einheit in diesen eingesetzt. Dadurch ent-

fällt in der Länge schon der Abstand von der Düse zum Mischer einer ersten Mischerstufe, so dass die Kanallänge vorzugsweise auf lediglich das zwei- bis vierfache des Kanaldurchmessers (zwei bis vier Kanaldurchmesser) verkürzt werden kann. Dabei ist weder die Wirkungsweise noch die Wirksamkeit jedes einzelnen Funktionsteils, nämlich der Eindüsfunktion einerseits und der statischen Mischerfunktion andererseits, beeinträchtigt.

Nach einer zweckmäßigen Weiterbildung weist der Mischer einen an beiden Enden offenen, strömungsparallelen und vorteilhafterweise im Einbauzustand zum Gaskanal koaxialen Rohrkörper auf, der an einem Ende stromauf und am anderen Ende stromab weisende Lamellen trägt. Dabei hat der Rohrkörper in einem im Querschnitt kreisrunden Gaskanal selbst ebenfalls einen kreisrunden Querschnitt. Der Durchmesser des Gaskanals, in den die bauliche Einheit aus Mischer und Düse einsetzbar ist, sollte zweckmäßigerweise nicht kleiner als ca. 200 mm und nicht größer als ca. 1000 mm sein.

In vorteilhaften Ausgestaltungen des Rohrkörpers beträgt dessen Durchmesser etwa den 0,5- bis 0,2-fachen Durchmesser des Gaskanals. Die Länge des Rohrkörpers entspricht etwa dem 0,2- bis 0,5-fachen Durchmesser des Gaskanals. Dabei ist der Rohrkörper zweckmäßigerweise von einem quer zum Gasstrom in den Gaskanal hineinragenden Rohrstutzen getragen, durch den sich ein als Zuleitung und als Träger für die Düse oder die Eindüsvorrichtung dienendes Rohr bis zur Mittelachse des Rohrkörpers erstreckt.

Die Düse ist vorteilhafterweise im Bereich der Mittelachse des Rohrkörpers – und damit im Einbauzustand der dem Gaskanal und dem Rohrkörper gemeinsamen Mittelachse – angeordnet. In dieser Lage versprüht die Düse oder die Eindüsvorrichtung den Zuschlagstoff, beispielsweise Ammoniak als Reduktionsmittel oder Harnstofflösung als Zuschlagstoff, in Strömungsrichtung des Gasstromes. Ein aus der Düse austretender Sprühkegel schließt dabei an seiner Kegelspitze einen Winkel von  $20^\circ$  bis  $60^\circ$ , vorzugsweise einen Winkel von  $30^\circ$ , ein.

Von den Enden des Rohrkörpers getragene Lamellen bilden mit der Achse des Rohrkörpers vorzugsweise einen Winkel von  $30^\circ$  bis  $60^\circ$ , insbesondere einen Winkel von  $45^\circ$ . Die Lamellen sind derart ausgerichtet, dass sie sich im Einbauzustand der Vorrichtung mit ihren freien Enden an der Innenseite von Wänden des Gaskanals abstützen. Dabei sind die Lamellen an ihren Freienden etwa doppelt so breit wie an ihren mit dem Rohrkörper verbundenen Fußenden. Freie Räume zwischen einander benachbarten Lamellen sind dabei etwa ebenso breit wie die Lamellen selbst.

Zweckmäßigerweise sind stromauf weisende Lamellen gegenüber stromab weisenden Lamellen auf Lücke gesetzt, so dass jeder Teilstrom des Gasstromes verwirbelt ist, wobei jeweils gleich viele stromauf und stromab weisende Lamellen vorgesehen sind. Zweckmäßigerweise trägt der Rohrkörper beidseitig jeweils vier bis acht Lamellen, die vorzugsweise aus ebenen Blechen bestehen.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass infolge der räumlichen und funktionellen Kombination mindestens eines Mixers und einer Düse einer diese Funktionsteile aufweisenden Vorrichtung zum Einbringen eines Zuschlagstoffes, wie z. B. Ammoniak oder Harnstofflösung, in ein Abgas eine besonders kurze Bauweise eines die Vorrichtung aufnehmenden Abgaskanals ohne Gefahr der Verkrustung des Mixers auch bei Verwendung von Harnstofflösung möglich ist.

Grund hierfür ist, dass bei gleichzeitiger Gewährleistung einer Vergleichmäßigung von Temperatur und Geschwindigkeit über den gesamten Kanalquerschnitt nur eine kurze Nachlaufstrecke im Abgaskanal erforderlich ist. Außerdem

ist infolge der geringen Komponentenanzahl im Gesamtsystem eine Reduzierung der Fertigungskosten erreicht.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

**Fig. 1** in teilweise geschnittener Seitenansicht eine Rauchgasreinigungseinrichtung mit einer kombinierten Misch- und Eindüsvorrichtung,

**Fig. 2** die Reinigungseinrichtung in teilweise geschnittener Draufsicht,

**Fig. 3** eine Vorderansicht der Reinigungseinrichtung,

**Fig. 4** die Reinigungseinrichtung in einem Schnitt entlang der Linie IV-IV in **Fig. 1**, und

**Fig. 5** die Reinigungseinrichtung in einem Schnitt entlang der Linie V-V in **Fig. 1**.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Ein Gas- oder Abgaskanal 1 mit einem Durchmesser  $d_1$  (**Fig. 5**) von beispielsweise 200 mm bis 1000 mm ist mit einem Flansch 2 an einen (nicht dargestellten) vorzugsweise stationären Dieselmotor angeschlossen und wird in Richtung des Pfeiles 3 von Abgas A durchströmt. Ein Rohrstutzen 4 durchdringt die Wand des Abgaskanals 1 und ragt quer zur Strömungsrichtung 3 des Abgases A und damit rechtwinklig zur Kanalachse 5 in den Abgaskanal 1 hinein. Bei gemäß dem Ausführungsbeispiel kreisrundem Kanalquerschnitt verläuft der Rohrstutzen 4 somit radial. Außerhalb des Abgaskanals 1 trägt der Rohrstutzen 4 freidendseitig einen Flansch 6, auf dem eine Endscheibe 7 dicht aufliegt und somit den Innenraum des Rohrstutzens 4 nach außen abschließt.

Das im Abgaskanal 1 liegende Ende des Rohrstutzens 4 trägt einen beidenseitig offenen Rohrkörper 8, der koaxial zum Abgaskanal 1 angeordnet ist. Die Kanalachse 5 bildet somit die Mittelachse sowohl des Abgaskanals 1 als auch des Rohrkörpers 8. Dieser weist einen Durchmesser  $d_2$  (**Fig. 5**) auf, der dem 0,5- bis 0,2-fachen des Durchmessers  $d_1$  des Abgaskanals 1 entspricht. Der Rohrkörper 8 weist eine Länge etwa gleich dem 0,2- bis 0,5-fachen des Durchmessers  $d_1$  des Abgaskanals 1 auf.

Am anströmseitigen Ende des Rohrkörpers 8 sind eine Anzahl von ersten Lamellen 9 befestigt, die bezüglich der Strömungsrichtung 3 des Abgases A stromauf weisen. Eine vorzugsweise gleiche Anzahl zweiter Lamellen 10, die sich entsprechend stromab erstrecken, sind am abströmseitigen Ende des Rohrkörpers 8 befestigt. Die Lamellen 9 und die Lamellen 10 sind gegenseitig auf Lücke gesetzt, d. h. jede der Lamellen 9 liegt in Richtung der Kanalachse 5 gesehen jeweils zwischen zwei Lamellen 10 und umgekehrt. Dies ist aus den **Fig. 3** bis 5 vergleichsweise deutlich ersichtlich.

Die Lamellen 9 und 10 bilden mit der Kanalachse 5 jeweils einen Winkel  $\alpha$  von  $30^\circ$  bis  $60^\circ$ , vorzugsweise von  $\alpha = 45^\circ$  (**Fig. 1**), und stützen sich mit ihren freien Enden 9a bzw. 10a an der Innenseite oder Innenwand 1' des Abgaskanals 1 ab. Die freien Enden oder Freiden 9a, 10a der Lamellen 9 und 10 sind etwa doppelt so breit wie ihre an dem Rohrkörper 8 befestigten Fußenden 9b bzw. 10b. An jedem Ende des Rohrkörpers 8 sind beispielsweise vier bis acht Lamellen 9, 10 befestigt, wobei die Lamellen 9, 10 aus ebenen Blechen bestehen. Sie verursachen dadurch besonders kräftige Wirbel im strömenden Abgas A.

Der Rohrstutzen 4 umfasst ein von der Endscheibe 6 getragenes Rohr 11, an dem freidendseitig in dem Rohrkörper 8 eine Düse 12 gehalten ist. Das Rohr 11 ist in nicht näher dargestellter Art und Weise über eine Leitung an einen Vorratsbehälter für einen ein Reduktionsmittel freisetzenen Zuschlagstoff oder für einen Reduktionsmittelträger R, beispielsweise für eine wässrige Harnstofflösung, sowie zweckmäßigerweise zusätzlich an einen Luftanschluß zur

Kühlung und Zerstäubung der beispielsweise wässrigen Harnstofflösung angeschlossen. Eine (nicht dargestellte) Pumpe presst den Reduktionsmittelträger R, z. B. die wässrige Harnstofflösung, oder ein entsprechendes Reduktionsmittel, z. B. Ammoniak, durch das Rohr 11 und durch die Düse 12.

Die geometrischen Abmessungen der Düse 12 sind derart gestaltet, dass bei dem erreichten Förderdruck des Reduktionsmittelträgers R von diesem beim Austritt aus der Düse 12 ein Sprühkegel 13 gebildet ist, dessen Spitze einen Winkel  $\beta$  von  $20^\circ$  bis  $60^\circ$ , vorzugsweise von  $\beta = 30^\circ$  bis  $45^\circ$ , einschließt. Die Düse 12 und der Rohrkörper 8 mit den Lamellen 9 und 10 bilden dadurch eine konstruktive und funktionelle Einheit, wobei der Rohrkörper 8 und die daran befestigten Lamellen 9, 10 funktional einen statischen Mischer oder eine Mischstufe darstellen. Die Düse 12 liegt dabei auf der der Kanalachse 5 entsprechenden gemeinsamen Mittelachse des Abgaskanals 1 und des Mixers 8, 9, 10.

Im Betrieb strömt heißes Abgas A aus dem Dieselmotor in Strömungsrichtung 3 durch den Abgaskanal 1. Dabei strömt ein geringer Anteil des Abgases A und damit zumindest ein Abgasteilstrom durch den Rohrkörper 8. Beim Erreichen eines vorgegebenen Betriebszustandes wird der Reduktionsmittelträger R durch die Düse 12 in das strömende Abgas A eingesprüht oder eingedüst. Im strömenden Abgas A treten im Bereich des Rohrkörpers 8 durch die Lamellen 9 und 10 verursachte, starke Verwirbelungen auf, die auch den Sprühkegel 13 erfassen und so eine sehr gute Durchmischung des Abgases A mit dem Reduktionsmittelträger R erzwingen.

Bei dem im Abgaskanal 1 herrschenden Zustand wird dann die beispielsweise wässrige Harnstofflösung durch Hydrolyse in Ammoniakgas und Wasser zersetzt, so dass im dadurch gebildeten Gasgemisch beim Erreichen eines dafür geeigneten und vorgesehenen (nicht dargestellten) Katalysators im Abgas A enthaltene Stickoxide praktisch vollständig zu Stickstoff reduziert werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einbringen eines Zuschlagstoffes (R) in ein Abgas (A), die in einen Gaskanal (1), insbesondere in eine Abgasleitung eines Dieselmotors, einbringbar ist, mit mindestens einer Düse (12) und mit mindestens einem Mischer (8, 9, 10), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (8, 9, 10) und die Düse (12) zu einer konstruktiven und funktionellen Baueinheit miteinander kombiniert sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Mischer (8, 9, 10) einen zumindest annähernd strömungsparallelen Rohrkörper (8) aufweist, der beidenseitig offen ist und dort Lamellen (9 bzw. 10) trägt, die bezüglich der Strömungsrichtung (3) des Abgases (A) am stromauf gelegenen Rohrkörperende stromauf und am stromab gelegenen Rohrkörperende stromab weisen.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrkörper (8) einen kreisrunden Querschnitt aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrkörper (8) im Durchmesser ( $d_2$ ) etwa gleich dem 0,5- bis 0,2-fachen Durchmesser ( $d_1$ ) des Gaskanals (1) ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrkörper (8) eine Länge von etwa dem 0,2- bis 0,5-fachen Durchmesser ( $d_1$ ) des Gaskanals (1) aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, da-



durch gekennzeichnet, dass an den Rohrkörper (8) ein in den Gaskanal (1) hineinragender Rohrstutzen (4) geführt ist, durch den sich ein als Zuleitung und als Träger für die Düse (12) dienendes Rohr (11) bis in den Rohrkörper (8) hinein erstreckt.

5

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (12) derart auf der Mittelachse (5) des Mischers (8, 9, 10) liegt, dass der Zuschlagstoff (R) in Strömungsrichtung (3) des Abgases (A) versprühbar ist.

10

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Enden des Rohrkörpers (8) getragenen Lamellen (9, 10) mit der Achse (5) des Rohrkörpers (8) einen Winkel ( $\alpha$ ) von 30° bis 60°, vorzugsweise von  $\alpha = 45^\circ$ , bilden und zur Abstützung freidendseitig gegen die Innenseite (1') des Gaskanals (1) gerichtet sind.

15

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (9, 10) an ihren freien Enden (9a, 10a) etwa doppelt so breit sind wie an ihren mit dem Rohrkörper (8) verbundenen Fußenden (9b, 10b).

20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass freie Räume zwischen benachbarten Lamellen (9 oder 10) etwa ebenso breit sind wie die Lamellen (9, 10) selbst.

25

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass stromauf weisende Lamellen (9) gegenüber stromab weisenden Lamellen (10) auf Lücke gesetzt sind.

30

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils gleich viele stromauf und stromab weisende Lamellen (9, 10) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrkörper (8) beidendseitig gleich viele, beispielsweise vier bis acht, Lamellen (9, 10) trägt.

35

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (9, 10) aus ebenen Blechen bestehen.

40

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

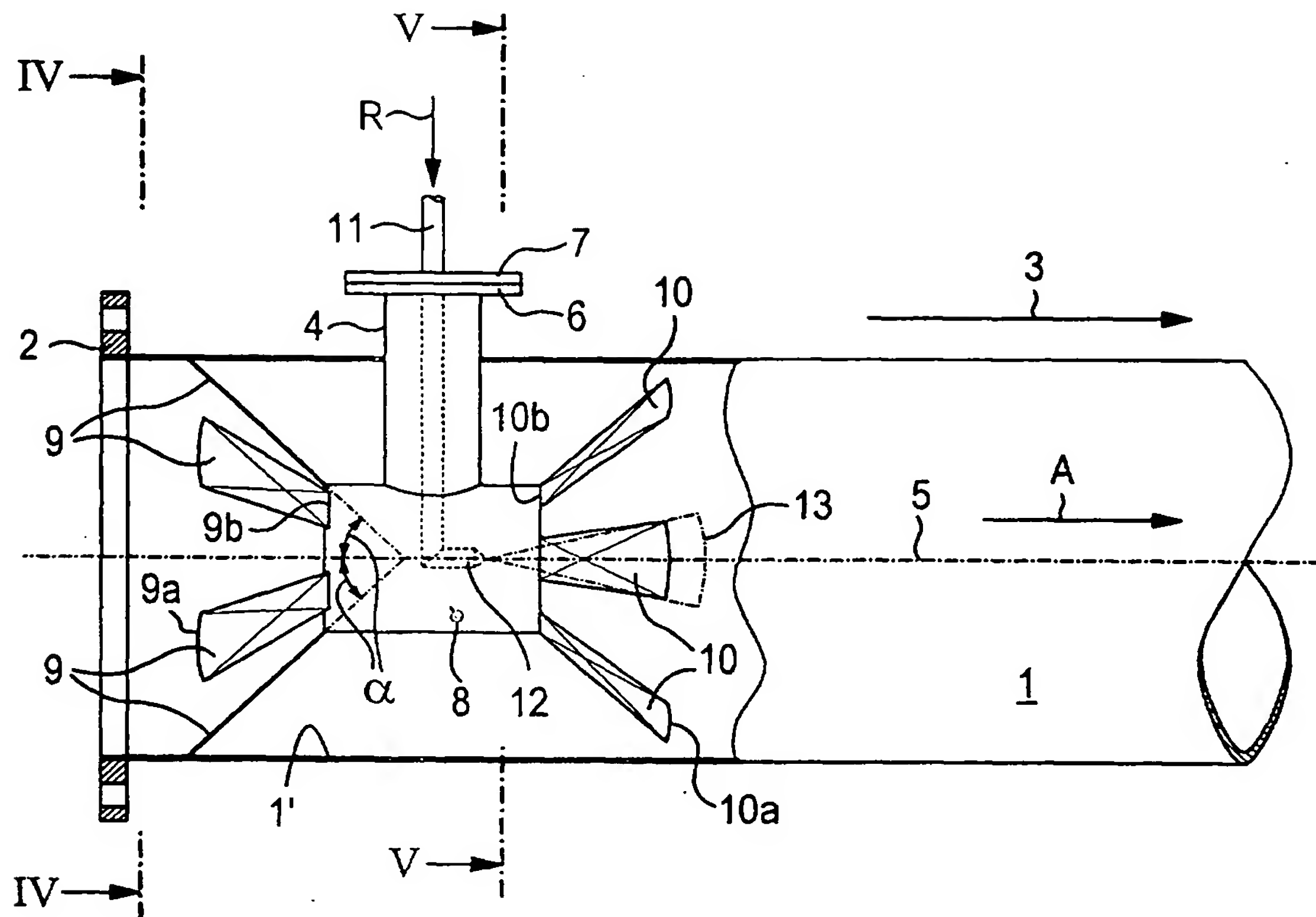


Fig. 1

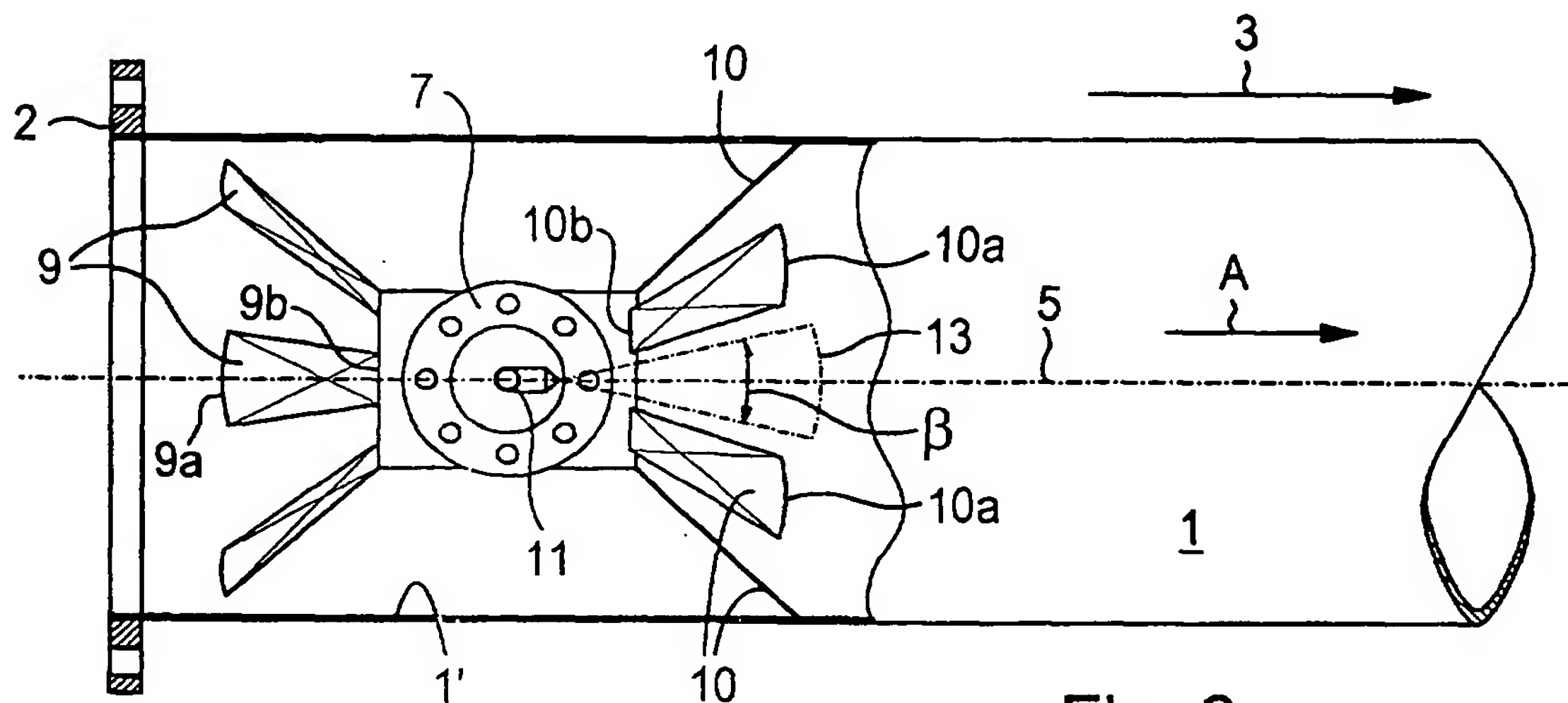


Fig. 2

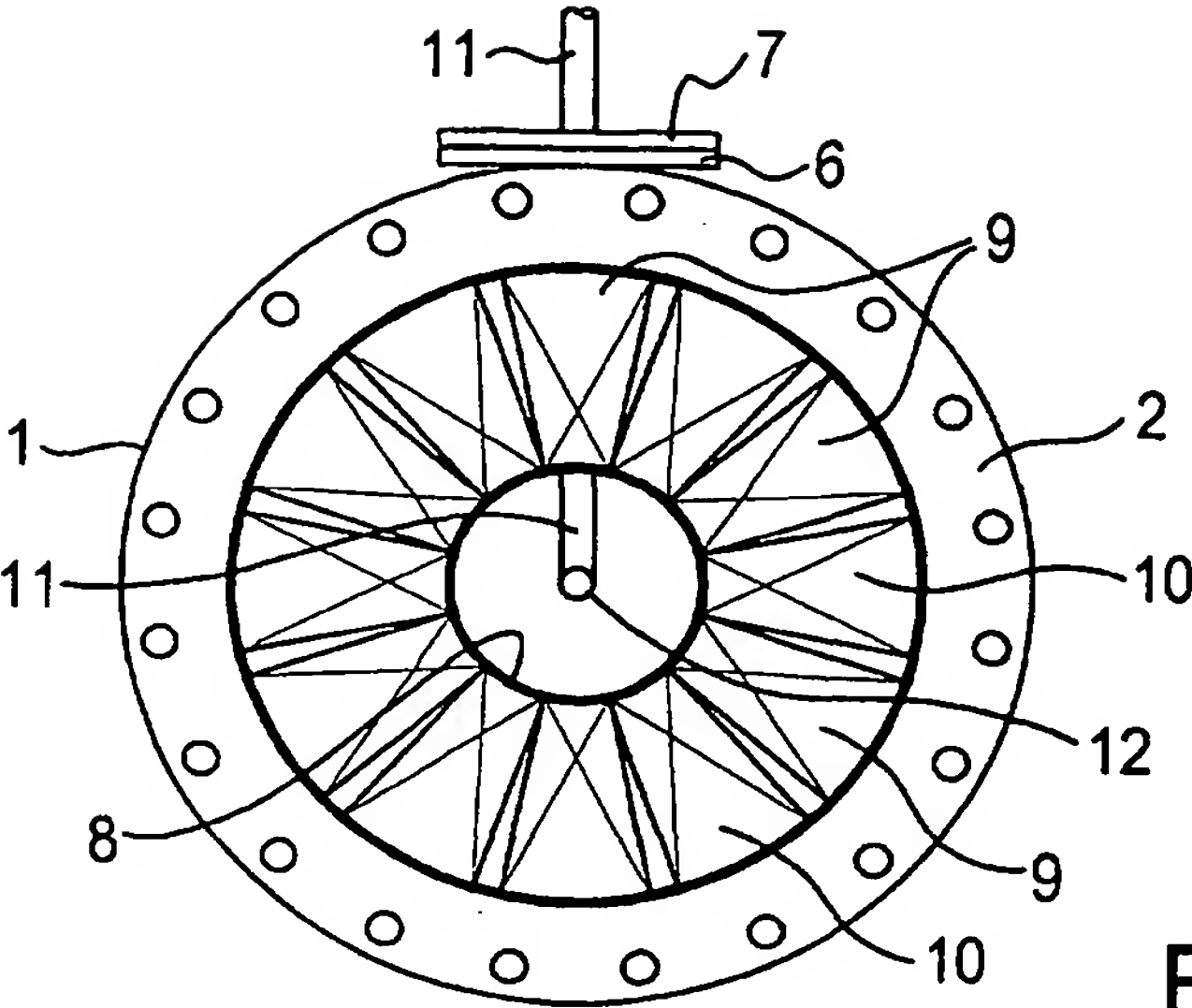


Fig. 3

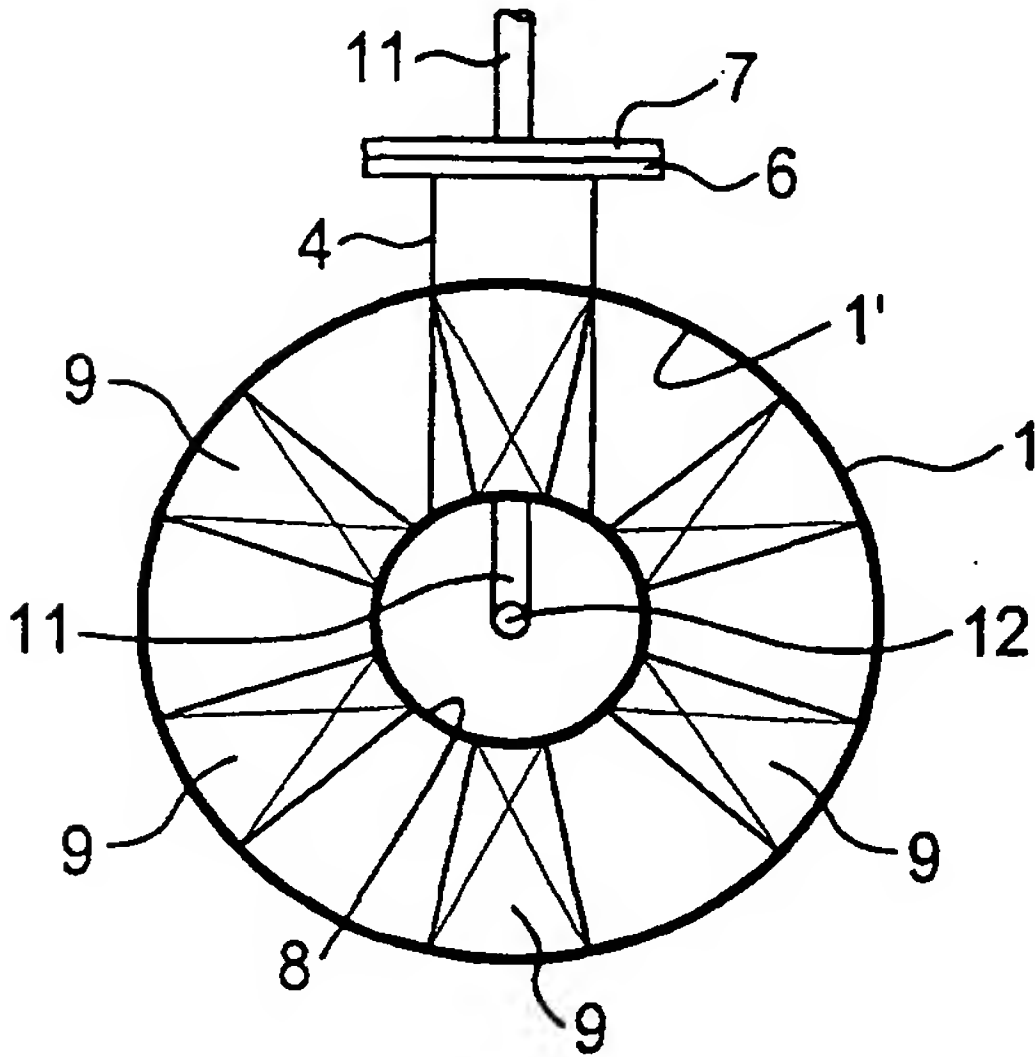


Fig. 4

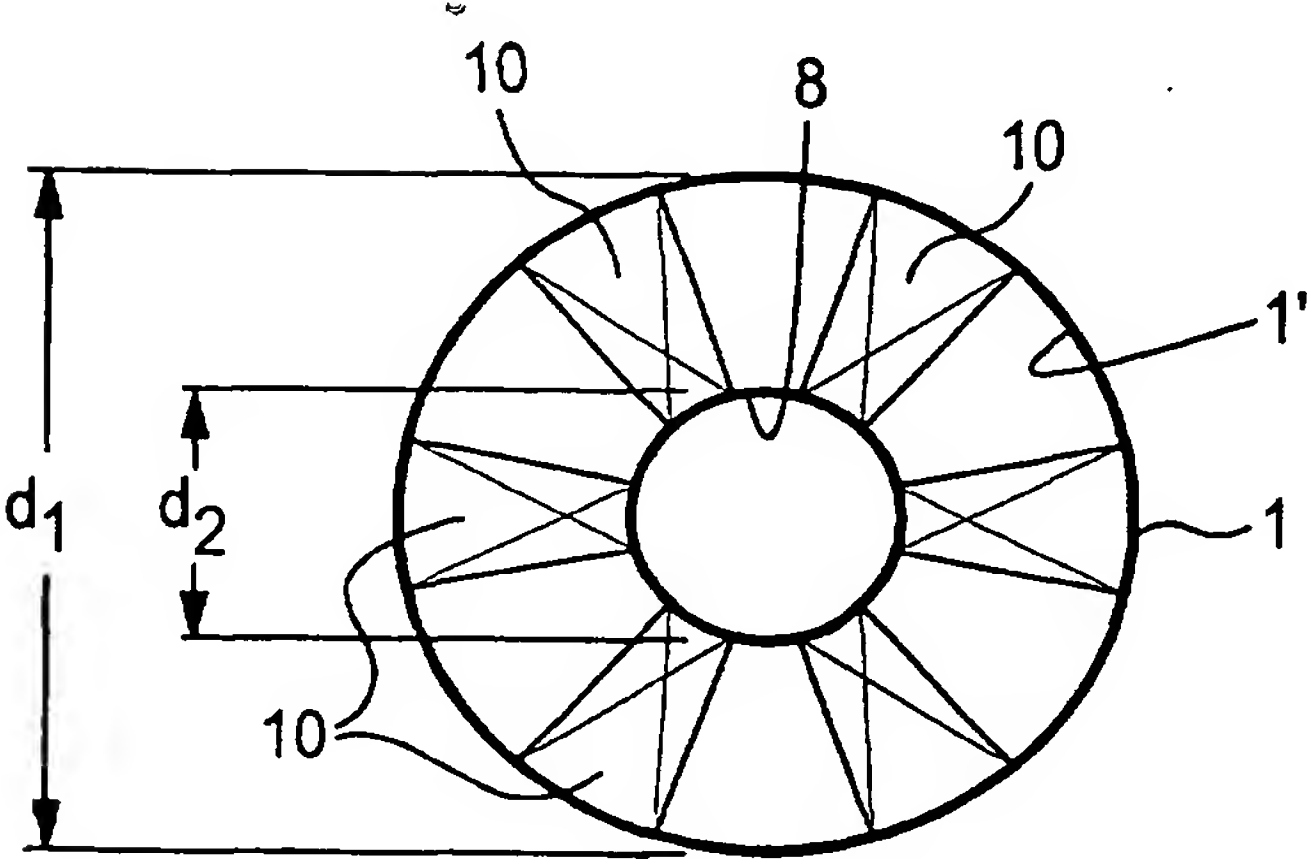


Fig. 5